

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of carrier behavior in organic-inorganic hybrid perovskite thin Films by using spectroscopic measurements
著者(和文)	Lei Lei Yin Win
Author(English)	Lei Lei Yin Win
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11342号, 授与年月日:2019年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:間中 孝彰,中川 茂樹,山田 明,宮島 晋介,飯野 裕明,Shyam Sudhir Pandey
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11342号, Conferred date:2019/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Lei Lei Yin Win	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	間中 孝彰	教授	飯野 裕明	准教授
	審査員	中川 茂樹	教授	Shyam S. Pandey	九州工業大 准教授
		山田 明	教授		
	宮島 晋介	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of Carrier Behavior in Organic-Inorganic Hybrid Perovskite Thin Films by Using Spectroscopic Measurements (分光学的手法による有機-無機ペロブスカイト薄膜におけるキャリア挙動に関する研究)」と題し、英文6章よりなっている。

第1章「Overview」では、次世代太陽電池材料として注目されている有機-無機ペロブスカイトについて、電気的物性の基礎を説明し、関連するデバイス開発の歴史について概観している。太陽電池の I-V 特性でしばしば観測されるヒステリシスに関して、強誘電性や電荷トラップ、動的イオンなどの原因についてまとめ、デバイス応用に際して、ヒステリシスの原因解明とその抑制が重要であると述べている。その上で、従来の電気的手法に加え、光学的手法である電界誘起光第2次高調波発生(EFISHG)法や蛍光(PL)減衰法を用いてペロブスカイト中のキャリア挙動を直接的に評価・解析することが本研究の目的であると述べている。

第2章「Experimental methods and theoretical background」では、本研究で用いているサンプルの作製手法や、測定手法の原理と方法についてまとめている。まず、ペロブスカイト薄膜の作製手法について説明し、1段階法と2段階法による薄膜構造の違いを述べている。続いて、移動度測定法として用いた FET 測定および Time-of-flight (TOF) 測定について説明している。光学的測定法である EFISHG 法および PL 減衰法について、それぞれの測定原理を詳細に説明した上で、EFISHG 法では時間分解測定によって移動度測定が可能であることを説明し、PL 減衰法ではリアルタイムでキャリア輸送が可視化できると述べている。

第3章「Carrier behavior in hybrid organic inorganic perovskite materials ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) for electrical measurement」では、ペロブスカイト FET における特性評価および TOF 測定の結果をまとめている。FET 測定では、室温および 98 K における I-V 特性を比較し、室温においてはほとんど観測されなかったドレイン電流が低温では観測されるようになり、これは低温におけるイオンのピンニングが原因であると結論している。TOF 測定では、レーザー光を細いライン状に集光することで、従来のサンドイッチ構造素子ではなく横型の FET 構造に対する評価を実現し、分散型の TOF 波形が得られたと述べている。TOF 波形を解析し、平均して $5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度の移動度を観測したと述べている。

第4章「Direct observation of carrier transport by photoluminescence imaging」では、蛍光減衰法によるキャリア挙動の評価について述べている。ペロブスカイトは比較的発光性の高い材料であり、電圧印加によりその蛍光強度が減衰することを見だし、その原因が荷電状態へのエネルギー移動であることから、PL 像の時間変化を観測することでキャリア輸送の可視化に成功したと述べている。パルス電圧を印加後、ソースドレイン間で高速に蛍光強度が増加し、その後ゆっくりとソース側から蛍光強度が減衰する、2段階の蛍光強度変化を初めて観測したと述べている。これは、それぞれ電荷とイオンの輸送に起因し、蛍光減衰法により電荷とイオンの挙動を明確に分離して観測できたと述べている。

第5章「Carrier visualization of organic-inorganic hybrid perovskite thin films by using time-resolved microscopic second-harmonic generation (TRM-SHG)」では、時間分解 EFISHG 測定を用いて、ペロブスカイト材料中のキャリア挙動を観測している。従来よりも幅広い波長領域で SHG スペクトルを測定し、1560 nm 付近で、電圧印加による SHG 強度の明確な変化を見出したと述べている。続いて、この波長において時間分解 SHG イメージング測定を行い、実際にキャリア挙動の観測および移動度評価ができたことと述べている。さらに、EFISHG 波形を解析することで、トラップ電荷密度の定量的見積りに成功したと述べている。

第6章「Conclusions and Future Prospects」では、本研究を総括するとともに、素子劣化などヒステリシス以外の課題に対する本論文で用いている評価手法の有効性について議論し、提案している各種光学的デバイス評価法の可能性について言及している。

以上を要するに、本論文は EFISHG 法および蛍光減衰法というペロブスカイト材料に対する新しい評価手法を提案するとともに、実際にペロブスカイト材料におけるキャリア挙動を評価および解析することで、ペロブスカイト薄膜で観測される I-V ヒステリシスの原因を明確化し、今後のペロブスカイトデバイスの性能向上に資する知見となるもので、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文が博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。